

### Deckblatt zu einer Klausur am Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik

**Modulprüfung**

|           |  |
|-----------|--|
| Modulname | <b>Grundgebiete der Elektrotechnik I</b> |
| Datum     | <b>28.02.2017</b>                        |

**Prüfpersonen**

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. Prüfperson      | <b>Prof. Dr. Martina Gerken</b> |
| ggf. 2. Prüfperson |                                 |

**Kandidat/in**

|                |  |
|----------------|--|
| Matrikelnummer |  |
| Name, Vorname  |  |

Vorleistung **vor** WS 16/17 berücksichtigen?  Ja  Nein

**Erklärung der/des Kandidatin/Kandidaten vor Beginn der Prüfung**

Hiermit bestätige ich, dass ich zur Prüfung angemeldet und zugelassen bin und dass ich prüfungsfähig bin.  
 Ich nehme zur Kenntnis, dass der Termin für die Klausureinsicht vom Prüfungsamt ET&IT bekannt gegeben wird, sobald mein vorläufiges Prüfungsergebnis im QIS-Portal veröffentlicht wurde. Nach dem Einsichtnahmetermin kann ich meine endgültige Note im QIS-Portal abfragen. Bis zum Ende der Widerspruchsfrist des zweiten Prüfungszeitraums der CAU kann ich beim Prüfungsausschuss Widerspruch gegen dieses Prüfungsverfahren einlegen. Danach wird meine Note rechtskräftig.

Unterschrift: \_\_\_\_\_

**Korrektur**

|          |    |    |    |    |    |    |          |
|----------|----|----|----|----|----|----|----------|
| Aufgabe  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | $\Sigma$ |
| Punkte   | 10 | 18 | 22 | 18 | 20 | 12 | 100      |
| erreicht |    |    |    |    |    |    |          |

|                          |                          |          |           |
|--------------------------|--------------------------|----------|-----------|
| Übungen<br>(Gewicht 25%) | Klausur<br>(Gewicht 75%) | Gesamt % | Modulnote |
|                          |                          |          |           |

**Einsicht / Rückgabe**

Hiermit bestätige ich, dass ich die Korrektur der Klausur eingesehen habe und mit der auf diesem Deckblatt vermerkten Note einverstanden bin. Die Klausurunterlagen verbleiben bei mir. Ein späterer Einspruch gegen die Korrektur und Benotung ist nicht mehr möglich.

Kiel, den \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

### **Aufgabe 1: Konzepte (10 Punkte)**

Erläutern Sie die folgenden Begriffe der Elektrotechnik in ganzen Sätzen. In der Erläuterung dürfen keine Formeln oder Formelzeichen auftauchen!

(a) Ladungsträgerdriftgeschwindigkeit

(b) Knoten

(c) Dielektrikum

(d) Lineares Netzwerk

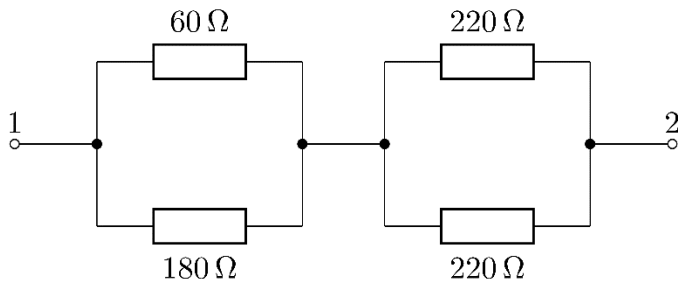
(e) Inhomogenes Feld

Name:

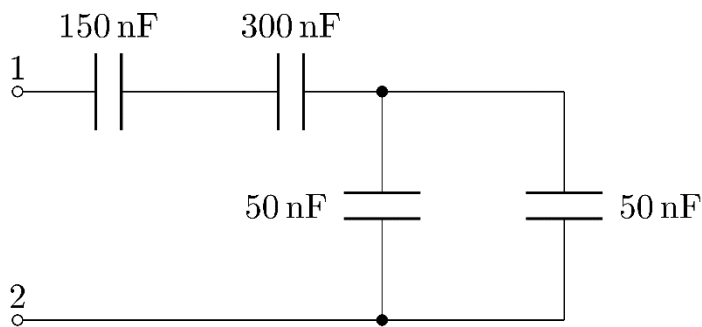
Vorname:

## Aufgabe 2: Ersatzzweipole (18 Punkte)

(a) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand für die folgende Schaltung.



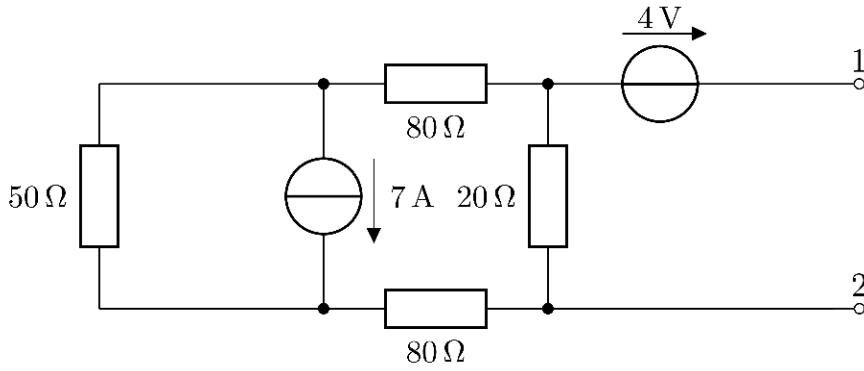
(b) Berechnen Sie die Ersatzkapazität für die folgende Schaltung.



Name:

Vorname:

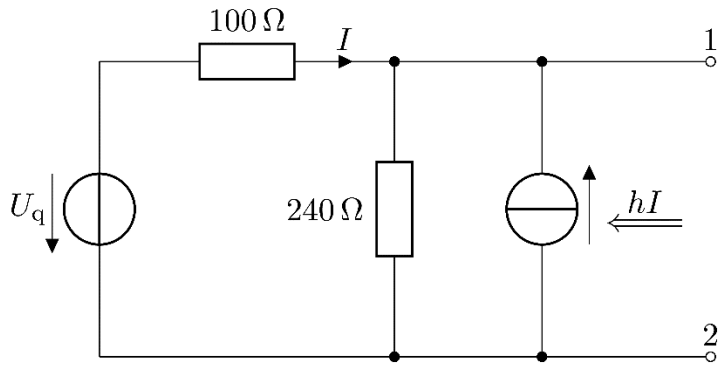
(c) Berechnen und zeichnen Sie die Ersatzspannungsquelle und die Ersatzstromquelle für die folgende Schaltung.



Name:

Vorname:

(d) Berechnen und zeichnen Sie die Ersatzspannungsquelle und die Ersatzstromquelle für die folgende Schaltung, der Verstärkungsfaktor betrage  $h = 1,5$ .

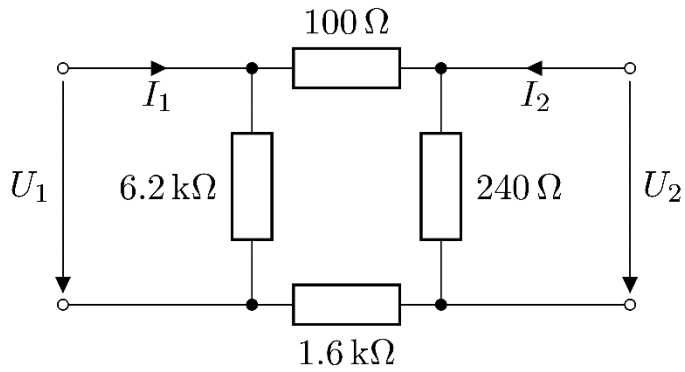


Name:

Vorname:

### Aufgabe 3: Zweitor (22 Punkte)

Gegeben sei das folgende Zweitor 1.



(a) Berechnen Sie die Kettenmatrix  $A$  für das Zweitor 1. Eine Tabelle zur Umwandlung von Zweitorparametern ist auf der nächsten Seite gegeben.

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

|          | <b>Z</b>                          |                                   | <b>Y</b>                          |                                   | <b>A</b>                |                                   | <b>H</b>                          |                                   | <b>K</b>                          |                                   |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Z</b> | $Z_{11}$                          | $Z_{12}$                          | $\frac{Y_{22}}{\det \mathbf{Y}}$  | $-\frac{Y_{12}}{\det \mathbf{Y}}$ | $\frac{A_{11}}{A_{21}}$ | $\frac{\det \mathbf{A}}{A_{21}}$  | $\frac{\det \mathbf{H}}{H_{22}}$  | $\frac{H_{12}}{H_{22}}$           | $\frac{1}{K_{11}}$                | $-\frac{K_{12}}{K_{11}}$          |
|          | $Z_{21}$                          | $Z_{22}$                          | $-\frac{Y_{21}}{\det \mathbf{Y}}$ | $\frac{Y_{11}}{\det \mathbf{Y}}$  | $\frac{1}{A_{21}}$      | $\frac{A_{22}}{A_{21}}$           | $-\frac{H_{21}}{H_{22}}$          | $\frac{1}{H_{22}}$                | $\frac{K_{21}}{K_{11}}$           | $\frac{\det \mathbf{K}}{K_{11}}$  |
| <b>Y</b> | $\frac{Z_{22}}{\det \mathbf{Z}}$  | $-\frac{Z_{12}}{\det \mathbf{Z}}$ | $Y_{11}$                          | $Y_{12}$                          | $\frac{A_{22}}{A_{12}}$ | $-\frac{\det \mathbf{A}}{A_{12}}$ | $\frac{1}{H_{11}}$                | $-\frac{H_{12}}{H_{11}}$          | $\frac{\det \mathbf{K}}{K_{22}}$  | $\frac{K_{12}}{K_{22}}$           |
|          | $-\frac{Z_{21}}{\det \mathbf{Z}}$ | $\frac{Z_{11}}{\det \mathbf{Z}}$  | $Y_{21}$                          | $Y_{22}$                          | $-\frac{1}{A_{12}}$     | $\frac{A_{11}}{A_{12}}$           | $\frac{H_{21}}{H_{11}}$           | $\frac{\det \mathbf{H}}{H_{11}}$  | $-\frac{K_{21}}{K_{22}}$          | $\frac{1}{K_{22}}$                |
| <b>A</b> | $\frac{Z_{11}}{Z_{21}}$           | $\frac{\det \mathbf{Z}}{Z_{21}}$  | $-\frac{Y_{22}}{Y_{21}}$          | $-\frac{1}{Y_{21}}$               | $A_{11}$                | $A_{12}$                          | $-\frac{\det \mathbf{H}}{H_{21}}$ | $-\frac{H_{11}}{H_{21}}$          | $\frac{1}{K_{21}}$                | $\frac{K_{22}}{K_{21}}$           |
|          | $\frac{1}{Z_{21}}$                | $\frac{Z_{22}}{Z_{21}}$           | $-\frac{\det \mathbf{Y}}{Y_{21}}$ | $-\frac{Y_{11}}{Y_{21}}$          | $A_{21}$                | $A_{22}$                          | $-\frac{H_{22}}{H_{21}}$          | $-\frac{1}{H_{21}}$               | $\frac{K_{11}}{K_{21}}$           | $\frac{\det \mathbf{K}}{K_{21}}$  |
| <b>H</b> | $\frac{\det \mathbf{Z}}{Z_{22}}$  | $\frac{Z_{12}}{Z_{22}}$           | $\frac{1}{Y_{11}}$                | $-\frac{Y_{12}}{Y_{11}}$          | $\frac{A_{12}}{A_{22}}$ | $\frac{\det \mathbf{A}}{A_{22}}$  | $H_{11}$                          | $H_{12}$                          | $\frac{K_{22}}{\det \mathbf{K}}$  | $-\frac{K_{12}}{\det \mathbf{K}}$ |
|          | $-\frac{Z_{21}}{Z_{22}}$          | $\frac{1}{Z_{22}}$                | $\frac{Y_{21}}{Y_{11}}$           | $\frac{\det \mathbf{Y}}{Y_{11}}$  | $-\frac{1}{A_{22}}$     | $\frac{A_{21}}{A_{22}}$           | $H_{21}$                          | $H_{22}$                          | $-\frac{K_{21}}{\det \mathbf{K}}$ | $\frac{K_{11}}{\det \mathbf{K}}$  |
| <b>K</b> | $\frac{1}{Z_{11}}$                | $-\frac{Z_{12}}{Z_{11}}$          | $\frac{\det \mathbf{Y}}{Y_{22}}$  | $\frac{Y_{12}}{Y_{22}}$           | $\frac{A_{21}}{A_{11}}$ | $-\frac{\det \mathbf{A}}{A_{11}}$ | $\frac{H_{22}}{\det \mathbf{H}}$  | $-\frac{H_{12}}{\det \mathbf{H}}$ | $K_{11}$                          | $K_{12}$                          |
|          | $\frac{Z_{21}}{Z_{11}}$           | $\frac{\det \mathbf{Z}}{Z_{11}}$  | $-\frac{Y_{21}}{Y_{22}}$          | $\frac{1}{Y_{22}}$                | $\frac{1}{A_{11}}$      | $\frac{A_{12}}{A_{11}}$           | $-\frac{H_{21}}{\det \mathbf{H}}$ | $\frac{H_{11}}{\det \mathbf{H}}$  | $K_{21}$                          | $K_{22}$                          |

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

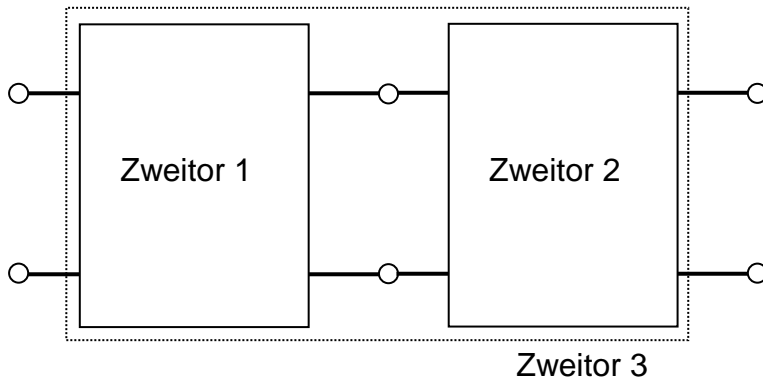
(b) Ein Zweitor 2 werde messtechnisch charakterisiert. Bei Kurzschluss von Tor 2 werden an Tor 1 eine Spannung von 2 V und ein Strom von 400 mA und an Tor 2 ein Strom von -100 mA gemessen. Weiterhin zeigt eine Messung, dass das Zweitor 2 symmetrisch ist. Berechnen Sie die Kettenmatrix  $A$  für das Zweitor 2.



Name:

Vorname:

(c) Berechnen Sie die Kettenmatrix  $A_{\text{ges}}$  für das Zweitor 3, das aus der Kettenschaltung der Zweitore 1 und 2 besteht.

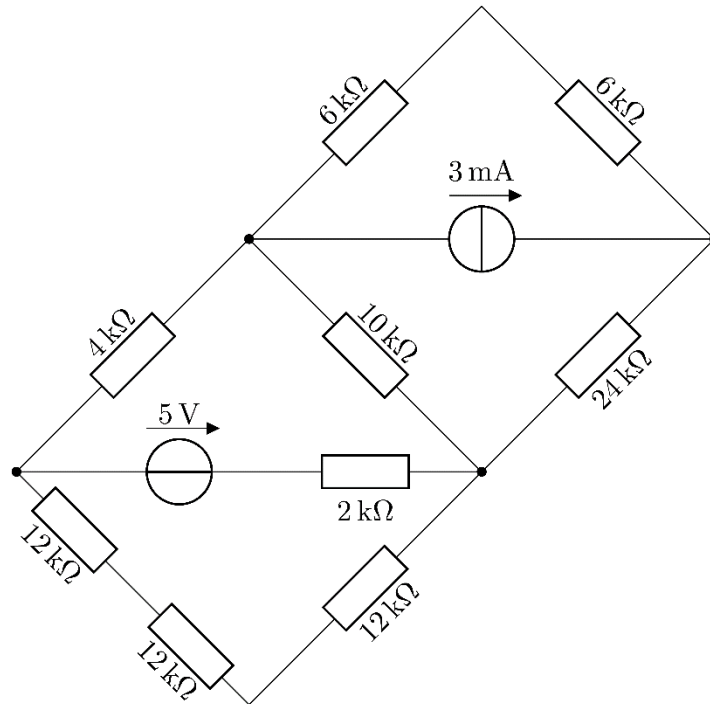


Name:

Vorname:

#### Aufgabe 4: Netzwerkanalyse (18 Punkte)

Gegeben sei die folgende Schaltung, die in den folgenden Aufgabenteilen systematisch analysiert werden soll. Verwenden Sie in der ganzen Aufgabe eine sinnvolle und einheitliche Notation! Die von Ihnen aufgestellten Gleichungen müssen am Ende in sich konsistent sein dazu geeignet, das Netzwerk eindeutig zu lösen.



(a) Nummerieren Sie alle Zweige und beschriften Sie die Zweigströme und Zweigspannungen in der Schaltung. Stellen Sie die linear unabhängigen Zweiggleichungen auf.

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

(b) Markieren und beschriften Sie alle Knoten in der Schaltung und stellen Sie ein maximales System linear unabhängigen Knotengleichungen auf.

(c) Zeichnen Sie den Graphen der Schaltung inklusive Ihrer Zweignummerierung und der Pfeile für den Bezugssinn. Markiere Sie einen vollständigen Baum in dem Graphen. Zeichnen Sie die sich daraus ergebenden linear unabhängigen Maschen in den Graphen ein und stellen Sie die dazugehörigen linear unabhängigen Maschengleichungen auf.

(d) Geben Sie jeweils die Anzahl für Ihr resultierendes Gleichungssystem an.

Anzahl an unbekanntem Zweigströmen und Zweigspannungen:

Anzahl an linear unabhängigen Zweigggleichungen aus (a):

Anzahl an linear unabhängigen Knotengleichungen aus (b):

Anzahl an linear unabhängigen Maschengleichungen aus (c):

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

### **Aufgabe 5: Kraft und Arbeit im elektrostatischen Feld (20 Punkte)**

Zwei Punktladungen  $Q_1 = +Q = 1 \text{ nC}$  und  $Q_2 = +2Q = 2 \text{ nC}$  befinden sich an den  $(x, y, z)$ -Koordinaten  $(0, a, -2a)$  und  $(0, 3a, 0)$  mit  $a = 5 \text{ }\mu\text{m}$ . Eine dritte Punktladung  $Q_3 = -Q = -1 \text{ nC}$  befindet sich im Ursprung  $(0, 0, 0)$ . Die Anordnung befindet sich im Vakuum ( $\varepsilon = \varepsilon_0$ ).

(a) Welche Kraft wird auf die Punktladung  $Q_3$  ausgeübt? Geben Sie den Kraftvektor an.

(b) Geben Sie die Feldstärke des elektrischen Feldes im Ursprung an.

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

(c) Berechnen Sie das gemeinsame Potential der beiden Punktladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  als Funktion von  $x, y, z$  im ganzen Raum.

(d) Berechnen Sie aus dem elektrischen Potential das elektrische Feld der Punktladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ .

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

(e) Welche Arbeit wird benötigt, um die Punktladung  $Q_3$  vom Ursprung zu der Koordinate  $(10 \mu\text{m}, 10 \mu\text{m}, 0)$  zu bewegen?

|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

### Aufgabe 6: Magnetfeld (12 Punkte)

(a) Betrachtet werden vier lange, gerade parallel verlaufende Linienleiter in Luft, die alle denselben Strom führen. Skizzieren Sie die magnetischen Feldlinienbilder der einzelnen Leiter sowie das magnetische Gesamtfeldlinienbild in die gegebene Skizze (Draufsicht). Ein geringerer Abstand der Feldlinien soll einer höheren Feldstärke entsprechen. Zeichnen Sie pro Einzelfeldlinienbild mindestens drei Feldlinien und für das Gesamtfeldlinienbild mindestens sechs Feldlinien. Wählen Sie verschiedene Farben oder Linienarten für die Unterscheidung der überlagerten Feldlinienbilder.



|       |          |
|-------|----------|
| Name: | Vorname: |
|-------|----------|

(b) Betrachtet werden wieder vier lange, gerade parallel verlaufende Linienleiter in Luft, die alle denselben Strom führen. Skizzieren Sie das magnetische Gesamtfeldlinienbild in die gegebene Skizze (Draufsicht). Ein geringerer Abstand der Feldlinien soll einer höheren Feldstärke entsprechen. Zeichnen Sie mindestens sechs Feldlinien.





### Der Zusammenhang zwischen kartesischen, Kreiszyylinder- und Kugelkoordinaten

| Kartesische Koordinaten              | Zylinderkoordinaten   | Kugelkoordinaten                |  |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--|
| $x$                                  | $R \cos \varphi$      | $r \sin \vartheta \cos \varphi$ |  |
| $y$                                  | $R \sin \varphi$      | $r \sin \vartheta \sin \varphi$ |  |
| $z$                                  | $z$                   | $r \cos \vartheta$              |  |
| $\sqrt{x^2 + y^2}$                   | $R$                   | $r \sin \vartheta$              |  |
| $\arctan \frac{y}{x}$                | $\varphi$             | $\varphi$                       |  |
| $z$                                  | $z$                   | $r \cos \vartheta$              |  |
| $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$             | $\sqrt{R^2 + z^2}$    | $r$                             |  |
| $\arctan \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z}$ | $\arctan \frac{R}{z}$ | $\vartheta$                     |  |
| $\arctan \frac{y}{x}$                | $\varphi$             | $\varphi$                       |  |

### Linien-, Flächen- und Volumenelemente in den verschiedenen Koordinatensystemen

|             | Kartesische Koordinaten  | Zylinderkoordinaten  | Kugelkoordinaten   |
|-------------|--|--|--|
| $d\vec{s}$  | $\vec{e}_x dx + \vec{e}_y dy + \vec{e}_z dz$   | $\vec{e}_R dR + \vec{e}_\varphi R d\varphi + \vec{e}_z dz$   | $\vec{e}_r dr + \vec{e}_\vartheta r d\vartheta + \vec{e}_\varphi r \sin \vartheta d\varphi$  |
| $d\vec{f}$  | $\vec{e}_x df_x + \vec{e}_y df_y + \vec{e}_z df_z$<br>$df_x = dy dz$<br>$df_y = dx dz$<br>$df_z = dx dy$                               | $\vec{e}_R df_R + \vec{e}_\varphi df_\varphi + \vec{e}_z df_z$<br>$df_R = R d\varphi dz$<br>$df_\varphi = dR dz$<br>$df_z = R dR d\varphi$                     | $\vec{e}_r df_r + \vec{e}_\vartheta df_\vartheta + \vec{e}_\varphi df_\varphi$<br>$df_r = r^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi$<br>$df_\vartheta = r \sin \vartheta dr d\varphi$<br>$df_\varphi = r dr d\vartheta$ |
| $dv$        | $dx dy dz$   | $R dR d\varphi dz$   | $r^2 \sin \vartheta dr d\vartheta d\varphi$  |
| grad $\Phi$ | $\vec{e}_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \vec{e}_y \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \vec{e}_z \frac{\partial \Phi}{\partial z}$ | $\vec{e}_R \frac{\partial \Phi}{\partial R} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{R} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} + \vec{e}_z \frac{\partial \Phi}{\partial z}$ | $\vec{e}_r \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial \vartheta} + \vec{e}_\varphi \frac{1}{r \sin \vartheta} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi}$            |